

## *Capoeta trutta*'nın Kas ve Karaciğer Dokusu Total Lipid, Fosfolipit ve Triaçilgliserol Yağ Asidi Kompozisyonu *Capoeta trutta*'nın yağ asitleri

Semra KAÇAR<sup>1</sup>, Mehmet BAŞHAN<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Capoeta trutta*'nın lipid içeriği ve total lipid, fosfolipit (PL), triaçilgliserol (TAG) yağ asidi profili incelendi. Major doymuş yağ asitleri (DYA) palmitik (C16:0) ve stearik (C18:0) asittir. Oleik asit (C18:1n-9) ve palmitoleik asit (C16:1n-7) belirgin tekli doymamış yağ asitleri (TDYA)'ndendir. Her iki dokuda dominant çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5n-3) ve dokosaheksaenoik (DHA, C22:6n-3) asittir. ΣDYA, ΣTDYA ve ΣÇDYA oranlarının dağılımları fosfolipit (PL) ve triaçilgliserol (TAG) fraksiyonları arasında farklı bulunmuştur. TAG, PL'ye oranla daha az oranda ΣÇDYA içerirken, daha fazla oranda ΣTDYA ve ΣDYA içermiştir. Kas dokusunda, n-3/n-6 oranı 5.95 bulunmuştur. *C. trutta* içerdiği n-3 yağ asitleri ve n-3/n-6 oranı ile ekonomik olarak önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** *Capoeta trutta*, fosfolipit, triaçilgliserol

## Fatty Acid Composition of Total Lipid, Phospholipid and Triacylglycerol in the Muscle and Liver Tissue of *Capoeta trutta* Fatty acids of *Capoeta trutta*

**ABSTRACT:** The present study investigated the lipid content and FA profiles of total lipid, phospholipid (PL) and triacylglycerol (TAG) of *Capoeta trutta* from the Atatürk Dam Lake. The major saturated fatty acids (SFAs) were palmitic acid (C16:0) and stearic acid (18:0). Oleic acid (18:1n-9) and palmitoleic acid (16:1n-7) were the prominent monounsaturated fatty acids (MUFAs). The dominant polyunsaturated fatty acids (PUFAs) were eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) and docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) in both tissues. The distributions of ΣSFAs, ΣMUFAs and ΣPUFAs proportions were found to be different among phospholipid (PL) and triacylglycerol (TAG) fractions. TAG contained a lower proportion of ΣPUFA, but a higher proportion of ΣMUFA and ΣSFA than PL. The ratio of n-3/n-6 was 5.95 in muscle tissue. *C. trutta* is economically important fish considering n-3 fatty acids and n-3/n-6 ratios.

**Keywords:** *Capoeta trutta*, phospholipid, triacylglycerol

<sup>1</sup> Semra KAÇAR (0000-0002-9869-9045), Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Mardin, Türkiye

<sup>2</sup> Mehmet BAŞHAN (0000-0002-1228-9548), Dicle Üniveriste, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Semra KAÇAR, semrakacar21@gmail.com

## GİRİŞ

*Capoeta trutta* (Heckel, 1843), yalnız Dicle ve Fırat su sistemlerinde yaşayan ve yöre halkı tarafından bol miktarda yakalanıp besin olarak tüketilen ekonomik öneme sahip bir türdür (Özdemir, 1982). Türün dağılışı ve taksonomisi ile ilgili yurdumuz sınırları içinde ve dışında, Dicle ve Fırat Nehirleri ile kollarında yapılmış birçok araştırma bulunmaktadır (Beckman, 1962; Blanc et al., 1971).

Vücut yüksek yapılı ve yanlardan basıktır. Pulları orta büyüklüktedir. Ağız ventral konumda ve küçük olup, çevresinde bir çift kısa bıyık mevcuttur. Renk, sırt kısmı koyu kahverengi iken yanlar ve karın kısmı gri kahverengidir. Lateralin üst kısmında yani vücudun dorsal yarısında düzensiz bir dağılım gösteren küçük ve siyah lekeler bulunur (Geldiay ve Balık, 1999).

Adıyaman ilindeki toplam av miktarının 397.607 kg olduğu tespit edilmiştir. Toplam av miktarı içerisindeki % 27'lik oransal dağılımı ile siraz (*Capoeta sp.*) en büyük dilimi oluşturmuştur.

Gonadosomatik indeksten yararlanılarak, Dicle Nehri'ndeki *C. trutta*'nın üreme periyodunun mayıs-haziran ayları arasında olduğu saptanmıştır (Ünlü, 1991).

Üreme evresinden önce gonatların gelişimi için protein, karbonhidrat ve lipide olan gereksinim oldukça fazladır. Özellikle üreme periyodu esnasında karaciğer ve kastaki lipitler, gonat gelişimi için gonada nakledilirler (Castell et al., 1972). Karaciğer, gonat gelişimi ve gamet oluşturulması esnasında kullanılacak lipidin büyük bir kısmını depo eder. Bununla beraber, üreme için gerekli olan enerji daha çok kas lipitlerden sağlanır (Atchison, 1975; Akpınar 1987).

Balık eti, insanlar için besleyici bir besindir. Balık yağında bulunan EPA ve DHA gibi n-3 yağ asitleri, plazma kolesterolünün artmasını engellerler (Suzuki et al., 1995), kardiovasküler hastalıkları önlerler (Iso et al., 2001), öğrenme kabiliyetini geliştirirler (Suzuki et al., 1998) ve görme fonksiyonlarını (Birch et al., 2000) etkilerler.

Balığın büyüklüğü, besini, üreme döngüsü, yaşı, balığın yakalandığı coğrafik bölge ve mevsim, su sıcaklığı gibi faktörler, balık dokularındaki yağ asidi içeriği ile total lipit miktarını etkilerler (Leger et al.,

1977; Henderson and Tocher, 1987; Bandarra et al., 1997; Shirai et al., 2001; Luzia et al., 2003). Ancak hem kas hem de başta karaciğer olmak üzere gonat gibi diğer organların lipit miktarındaki en belirgin değişimlerin üreme döneminde görüldüğü bildirilmiştir.

Karaciğer lipit metabolizması bakımından önemli bir organdır. Bu organ; aynı zamanda yağ asitlerinin alımı, oksidasyonu ve dönüşümü ile uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin diğer dokulara sağlanması gibi önemli role de sahiptir (Rincon-Sanchez et al., 1992). Doğal ekosistemlerinde yaşayan balıklarda kas ve karaciğer gibi dokularının yağ asidi profilinin analizi; değerli bilgiler vermektedir (Rodriguez et al., 2004).

PL ve TAG'ün balık metabolizmasında farklı görevleri vardır. PL, membranın önemli bir bileşenidir ve eikosanoitler için öncüdür. TAG ise enerji metabolizmasında kullanılmak üzere depo edilir. Bu yüzden TAG ve PL'nin yağ asidi kompozisyonunu belirlemek önemlidir. Daha önce Atatürk Baraj Gölü'ndeki *C. trutta* (karaca balığı)'nın yağ asidi kompozisyonu ile ilgili çalışma yapılmıştır (Özyılmaz ve Palalı, 2014). Fakat PL ve TAG yağ asidi kompozisyonu üzerine herhangi bir çalışma yoktur. Bu çalışmada Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan dişi *C. trutta* (Heckel, 1843)'nın kas ve karaciğer dokularının total lipit yüzdesi ile total lipit, triaçilgliserol ve fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi içeriğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada kullanılan dişi balık örnekleri Mayıs ayında Atatürk Baraj Gölü'nden balıkçı ağı ile toplanmıştır. Çalışılan bölgenin (Belören) coğrafi koordinatları: 37° 38' 21.42" K ve 38° 36' 5.41" D'dir. Su sıcaklığı 19.5 °C olarak ölçülmüştür. 15 adet dişi balığın ortalama total boyları 34 cm, ağırlıkları 448 gram olarak belirlenmiştir. 15 adet *Capoeta trutta*'nın kas ve karaciğer fosfolipit, triaçilgliserol ve total lipit yağ asidi analizleri 3 tekrar halinde yapılarak elde edildi. Her yağ asidi analizi için ortalama 3 gr kas ve karaciğer örneği kullanıldı. Örneklerin karaciğer ve dorsal kasları taze olarak alınıp yağ ağırlıkları saptandıktan sonra; kloroform-metanol (2:1 v/v) karışımına konularak, -20°C'de muhafaza edilmiştir. Kas ve karaciğer dokuları,

kloroform-metanol (2:1 v/v) (Folch et al., 1957) karışımında homojenize edilmiştir. Aşırı doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonunu önlemek için ekstraksiyon sistemine, kloroformda % 2 oranında hazırlanan bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) maddesinden 50 µl ilave edilmiştir. Protein, karbonhidrat ve amino asitler gibi lipit olmayan safsızlıklar % 0.88'lik KCl ile yıkanarak uzaklaştırılmıştır. Total lipitler, gravimetrik olarak belirlenmiştir. Örneklerdeki total lipitler, ince tabaka kromatografisi tekniği kullanılmıştır. Bunun için 30 gr silika jel ile 50 ml saf su karıştırılarak hamur haline getirildikten sonra, 20 cm X 20 cm ebatındaki pleytlere ince bir tabaka halinde sürülüp etüvde 100 °C'de bir saat boyunca kurutulmuş, bu süre sonunda etüvden çıkarılan pleytlere havada soğumaya bırakılmıştır. Örneklerin total lipit ekstraktları, pleytlere üzerine tek sıra halinde spotlanmıştır. Total lipitler; petrol eteri-dietil eter-asetik asit (80:20:1) karışımında yürütülmüştür. Pleytlere havada kurutulduktan sonra, 2'7' dikloroflorosein püskürtülerek, lipit fraksiyonları UV lambası altında görülür hale getirilmiştir. Standartlar yardımıyla saptanan fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonuna ait bantlar kazılarak reaksiyon tüplerine aktarılmıştır. Her fraksiyona, ayrı ayrı 3 ml metanol ve 3-5 damla sülfürik asit damlatılarak 2 saat süreyle geri soğutucu altında 85 °C'de ısıtılmıştır. Böylece yağ asitlerinin, yağ asidi metil esterlerine dönüşümü sağlanmıştır.

Yağ asitleri yüzdelere karşlaştırılmasında SPSS 15 bilgisayar programı uygulanmıştır. Çalışmamızdan elde edilen bütün veriler üç tekrarın ortalamasından elde edilmiştir. Yağ asidi metil esterlerinin gaz kromatografik analizlerinde, üçer numune ayrı ayrı enjekte edilerek aynı yağ asidine ait üç değerin ortalaması alınmıştır. Yağ asidi yüzdelere karşlaştırılması, tek yönlü varyans analizi (Anova) ile yapılmıştır. Total, triaçilgliserol ve

fosfolipitlere ait ortalamalar arası farkı saptamak için Duncan'ın (1955) "Multiple Range" testi kullanılmıştır. Yapılan istatistikler sonucu, veriler p<0.05 düzeyinde olduğu zaman farkların önemli olduğu kabul edilmiştir.

### Gaz Kromatografi Koşulları:

Yağ asidi metil esterlerine dönüştürülen örneklerin, analizleri HP 6890 model Gaz Kromatografisi cihazında, alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve BPX-70 (Bonded % 70 cyanopropyl) (J & W Scientific, Folsom, CA) kapiler kolon (30m x 320 µm (i.d) x 0.250 µm film kalınlığı) kullanılarak yapılmıştır. Dedektör sıcaklığı, 280°C; enjektör sıcaklığı, 270 °C; enjeksiyon: Split oranı 1/20. Gazların akış hızları: Taşıyıcı gaz: Helyum 1.0 mL dk<sup>-1</sup> (sabit akış modeli); hidrojen, 30 mL dk<sup>-1</sup>; hava, 300 mL dk<sup>-1</sup>; Kolon (fırın) sıcaklığı: 130 °C da, bekleme süresi, 1 dakika; 170 °C'ye 6.5 °C dk<sup>-1</sup>; 215 °C'ye 2.75 °C dk<sup>-1</sup>, bekleme süresi, 12 dakika; 230 °C'ye 40 °C dk<sup>-1</sup>, bekleme süresi, 3 dakika; toplam analiz süresi: 38.8 dakika. Yağ asitlerinin teşhisinde, standart olarak yağ asitlerinin metil esterleri karışımı (Sigma-Aldrich Chemicals) kullanılmıştır. Yağ asitleri metil esterlerinin kromatogramları, HP 3365 ChemStation bilgisayar programı ile tespit edilmiştir. Analizi yapılan örneklerin kromatogramındaki pikler, standarttaki bütün yağ asitlerinin metil esterlerinin alıkonma zamanları ile karşılaştırılarak teşhis edilmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmamızda, üreme dönemi olan mayıs ayında dişi *C. trutta*'nın kas total lipit miktarı, yaş ağırlığa göre 1.85 g, karaciğerde ise 3.75 g olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** *Capoeta trutta*'nın dişi bireylerinde kas ve karaciğerindeki total lipit miktarı

| Doku Çeşidi | Yaş ağırlığa göre total lipit miktarı (g)<br>(ORT±S.H)* |
|-------------|---|
| Kas         | 1.85±0.45a  |
| Karaciğer   | 3.75 ±0.51a   |

\*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

her sütunda aynı harflerle belirlenen veriler p<0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklıdır.  
S.H.: Standart hata

Yağsız balıklarının karaciğerinde kasa göre fazla çeşitte lipit bulunması, karaciğerin lipit sentezi ve depolanması için başlıca organ olduğunu gösterir (Ackman et al., 2002).

Elazığ Keban Baraj Gölü'nden toplanan *C. trutta*'nın üreme döneminde nisan-ağustos aylarında total lipit miktarı; 1.08-1.88 arasında (Konar ve ark., 1999), Elazığ Hazar Gölü'nden toplanan dişi *C. c. umbla*'nın üreme dönemi sonrası kas total lipit yüzdesi 1.32, karaciğerde ise 1.79 olarak saptanmıştır (Yılmaz ve ark., 1995). Ayrıca, yapılan başka bir çalışmada, Tuzla çayı ve Tercan Baraj Gölü'nde toplanan *C. c. umbla*'nın kas total lipit miktarı %1.5-2.5 arasında bulunmuştur (Aras ve ark., 2009).

Atatürk Baraj Gölü'nden kasım ayında aynı yıl toplanan dişi *C. trutta*'nın kas dokusu total lipit içeriği %2.51 olarak bulunmuştur (Kaçar and Başhan, 2016).

Hem çalışmamızda hem de diğer çalışmalarda (Kozlova and Khotimchenko, 2000; Cejas et al., 2004) karaciğerdeki total lipit miktarının kas total lipit miktarından fazla olması doğaldır. Bu veriler, lipit metabolizmasının yoğun olarak olduğu karaciğerin, kastan daha fazla lipit depoladığını gösterir.

Yağ içeriği %5'ten az olanlar yağsız, %5-10 aralığında olanlar orta yağlı, %10'dan fazla olanlar yağlı balık olarak kabul edilmektedir (Ackman, 1990). Buna göre *Capoeta* cinsinden balıkların, diğer birçok tatlı su balığı gibi yağsız olduğu söylenebilir.

Daha önce Atatürk Baraj Gölü'nden kasım ayında (üreme öncesi, %2.51) topladığımız *C. trutta*'da (Kaçar and Başhan, 2016) kas lipit içeriğinin mayıs ayına oranla (üreme dönemi, %1.85) daha fazla olduğu saptanmıştır. Balıkların dokularındaki total yağ oranları, büyüklük ve üreme durumuna göre değişebilir. Çünkü üreme öncesi dönemde kas ve karaciğerde total lipit miktarı artarken üreme döneminde ve sonrasında bu bileşenler, gonatların gelişimi ve yumurtaların olgunlaşmasında kullandıkları için, miktarları azalır (Castell et al., 1972).

Dişi *C. trutta*'nın kas ve karaciğer dokularının total lipitleri ile triaçilgliserol ve fosfolipit fraksiyonlarında; doymuş yağ asitlerinden 16:0, tekli doymamış yağ asitlerinden 16:1n-7 ve 18:1n-9, aşırı doymamış yağ asitlerinden de EPA ve DHA yüzde dağılımında en fazla bulunan bileşenlerdir.

Ackman et al., (1975), 16:0'ın balıklarda anahtar metabolit olduğunu ve miktarının besinden etkilenmediğini belirtmişlerdir. Oleik asit, 16:1n-7 ve AA'in yüksek miktarları tatlı su balıkları için karakteristiktir (Andrade et al., 1995). Arakidonik asidin tatlı su balıklarında yüksek miktarda olmasının nedeni; daha sıcak sulardaki oksijenin eriyebilirliğinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Smith and Miller, 1980). Balıklar, besinsel olarak n-3PUFA'lere daha fazla ihtiyaç duyduklarından, dokularındaki DHA ve EPA miktarları AA'ten fazladır (Rahman et al., 1995). Henderson and Tocher (1987), tatlı su balıklarında 20:5n-3 oranı %1.4-16.3, 22:6n-3 oranının ise % 0.3-30 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. EPA ve DHA hem besinlerden sağlanmaktadır, hem de besinlerden sağlanan 18:3n-3'ten desaturasyon ve elongasyon reaksiyonlarıyla da sentezlenebilmektedir. Örneklerimizde EPA ve DHA'in iyi bir oranda olması, bu balıklarda sentezleme yeteneğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Kas ve karaciğerin total lipitlerindeki;  $\Sigma$ DYA ve  $\Sigma$ TDYA miktarları birbirine çok yakın, kasta ise  $\Sigma$ ÇDYA, 22:6n-3 ve 20:5n-3'den dolayı karaciğere oranla daha fazla bulunmuştur.

Daha önce yapılan birçok çalışmada; DYA ve TDYA'lerin sıcak bölge ve mevsimlerde genellikle bol olduğu, ÇDYA'lerin ise soğuk bölge ve mevsimlerde daha fazla olduğu saptanmıştır (Dey et al., 1993). Çalışmamızda da kas ve karaciğer dokusunda DYA ve TDYA'lerin, ÇDYA'lerinden daha fazla olduğu görülmüştür. Kasım ayında aynı balık türü üzerinde yaptığımız çalışmada ise kas dokusunda TDYA'lerinin DYA ve ÇDYA'lerinden daha fazla olduğu saptanmıştır (Kaçar and Başhan, 2016).

Daha önce yapılan çalışmalarda, *Capoetta* cinsi balıkların genellikle total lipitleri fraksiyonları yapılmadan, sadece kas ve karaciğer dokularındaki total lipitlerin yağ asidi analizi yapılmıştır. Örneğin Elazığ Hazar Gölü'nden toplanan *C. c. umbla*'nın üreme dönemi sonrası kas ve karaciğerindeki total yağ asidi analizinde, doymuş yağ asitlerinden 16:0, tekli doymamış yağ asitlerinden 18:1n-9, çoklu doymamış yağ asitleri içinde ise 20:4n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3 asit, yüzde olarak en çok bulunan yağ asitleridir (Yılmaz ve ark., 1995).

Nisan-ağustos aylarında Keban Barajı'ndan toplanan *C. trutta*'nın kas total lipidinde 16:0 ve 18:1n-9 asitlerin çok yüksek oranlarda buldukları, bu yağ asitlerini 22:6n-3, 20:5n-3, 20:3n-6, 18:2n-6, 18:3n-3 ve 22:5n-3 asit gibi bileşenlerin izlediği belirlenmiştir (Konar ve ark., 1999). Eikosapentaenoik asidin oranı, çalışmamızdaki gibi yüksek bulunmuştur.

Tuzla Çayı ve Tercan Baraj Gölü'nden toplanan *C. c. umbla*'nın kas total yağ asidi içeriğinde, doymuş yağ asitlerinden 16:0 (%21.4-24.0), tekli doymamış yağ asitlerinden 16:1n-7 (%4.48-12.85) ve 18:1n-9 (%9.39-11.05), aşırı doymamış yağ asitlerinden 22:6n-3 (%6.13-15.86) bulunmuştur (Aras ve ark., 2009).

Satar et al., (2012) Dicle Nehri'nden yakaladıkları *C. trutta*'nın kas dokusu total yağ asidi bileşimini mevsimsel olarak incelemişlerdir. İlkbaharda 20:5n-3 oranı çalışmamızdan elde edilen verilere yakın iken 22:6n-3 oranı daha yüksek bulunmuştur.

Özyılmaz ve Palalı (2014), Atatürk Baraj Gölü'nden mart ayında yakaladıkları *C. trutta*'nın kas dokusu yağ asidi kompozisyonunda da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Atatürk Baraj Gölü'nden topladığımız *C. trutta*'nın total lipitlerin yağ asitleri içeriğinde yüzde dağılımında en fazla bulunan bileşenlerin, yurdumuzda diğer su kaynaklarından toplanan *Capoeta*'lardan elde edilenlere (Yılmaz ve ark., 1995; Konar ve ark., 1999; Aras ve ark., 2009) benzer oldukları görülür. Çalışmamızda farklı

olarak total tekli doymamış yağ asitlerinden 16:1n-7 asidin oranı oldukça yüksek bulunmuştur (kasta %17.56, karaciğerde %18.58). Aslında 16:0 ve 16:1n-7 asitlerin yüksek oranları tatlı su balıkları için geneldir (Ackman, 1967). Balıktaki 16:1n-7 asidinin, besinden geldiği düşüncesindeyiz. *C. trutta*'nın besinlerinin önemli bir kısmını bir tatlı su algi olan *Oscillatoria* ile Diatomeler oluşturmaktadır (Yılmaz ve Solak, 1999). Bu fitoplanktonlar, 16:1n-7 asidi bakımından oldukça zengindir (Ahlgren et al., 1992). Bu bulgu, *C. trutta*'nın yağ asidi içeriğine besinin etki ettiğini gösterir.

Her iki dokuda, depo lipitleri olan triaçilgliserol fraksiyonundaki yağ asitleri karşılaştırıldığında; karaciğerde 16:0, 18:1n-9, 18:2n-6; kasta ise 16:1n-7, 20:5n-3, 22:5n-3 ve 22:6n-3 oranları daha fazla tespit edilmiştir. Kas ve karaciğer dokusunun triaçilgliserol fraksiyonunda; DYA ve TDYA'lerin, ÇDYA'lerinden daha fazla olduğu saptanmıştır.

Araştırmacılar, balıkların, daha çok doymuş ve tekli doymamış yağ asitlerini depo olarak kullandıklarını belirtmişlerdir (Kozlova and Khotimchenko, 2000).

Satar et al., (2012) Dicle Nehri'nden yakaladıkları *C. trutta*'nın kas dokusu TAG fraksiyonunda TDYA'ların oranı daha fazla iken çalışmamızda DYA'lar daha fazladır. Dicle Nehri'ndeki *C. trutta*'nın kas dokusunda TDYA'lardan 18:1n-9'un oranı 16:1n-7'nin oranından daha fazla iken çalışmamızda 16:1n-7'nin miktarı daha fazladır. Kas dokusunda, EPA ve DHA oranı her iki çalışmada da birbirine yakın bulunmuştur. Karaciğer dokusu TAG fraksiyonunda 18:1n-9 miktarı oldukça fazla saptanmıştır. Karaciğer dokusunda 18:2n-6 kas dokusuna oranla çok daha fazla olduğu görülmüştür.

Palmitik asit, 16:1n-7 gibi yağ asitleri, depo lipitlerinde fazla bulunurlar (Ackman, 1967). Verilerimiz de bu sonuçla uyumludur.

Ackman (2002)'a göre, TAG fraksiyonundaki 20:5n-3; 22:6n-3'ten daha fazla bulunur. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre de hem kas dokusu hem de karaciğer dokusunda 20:5n-3; 22:6n-3'ten daha fazla bulunmuştur.

**Çizelge 2.** Dişi *Capoeta trutta*'nın kas ve karaciğerindeki total lipid, triaçilgliserol ve fosfolipit fraksiyonundaki yağ asitlerinin yüzde içeriği

| Yağ asidi        | Total                   |                      | Triaçilgliserol    |                      | Fosfolipit         |                      |
|------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
|                  | Kas (ORT±S.H)*          | Karaciğer (ORT±S.H)* | Kas (ORT±S.H)*     | Karaciğer (ORT±S.H)* | Kas (ORT±S.H)*     | Karaciğer (ORT±S.H)* |
| 10:0             | 0.03±0.01a <sup>§</sup> | -                    | 0.04±0.01a         | 0.30±0.02b           | -                  | 0.37±0.03a           |
| 12:0             | 0.16±0.09a              | -                    | 0.22±0.05a         | 0.35±0.03b           | -                  | -                    |
| 13:0             | -                       | -                    | -                  | 0.51±0.02a           | -                  | 1.22±0.01a           |
| 14:0             | 5.50±0.06a              | 6.18±0.21a           | 6.95±0.33a         | 3.12±0.45b           | 1.14±0.44a         | 1.29±0.67a           |
| 15:0             | 1.24±0.08a              | 1.20±0.10a           | 1.40±0.05a         | 0.94±0.04b           | 0.24±0.01a         | 0.97±0.09b           |
| 16:0             | 20.89±1.22a             | 22.15±1.45a          | 24.11±1.04a        | 27.15±1.00b          | 25.60±1.56a        | 22.59±1.66a          |
| 17:0             | 3.28±0.78a              | 2.91±0.55a           | 4.05±0.66a         | 0.36±0.06b           | 0.63±0.90a         | 5.19±0.89b           |
| 18:0             | 3.41±0.45a              | 6.03±0.44b           | 2.38±0.09a         | 5.65±0.98b           | 10.36±1.90a        | 14.84±1.00b          |
| <b>ΣD.Y.A.</b>   | <b>34.52±2.02a</b>      | <b>38.47±2.00a</b>   | <b>39.15±2.34a</b> | <b>38.38±2.78a</b>   | <b>37.97±2.39a</b> | <b>46.47±2.39b</b>   |
| 16:1n-7          | 17.56±1.00a             | 18.58±1.45a          | 21.40±1.56a        | 5.34±0.45b           | 4.25±0.56a         | 3.61±0.90a           |
| 18:1n-9          | 16.00±1.08a             | 17.21±1.20a          | 11.25±1.28a        | 33.9±2.09b           | 16.32±1.87a        | 19.42±1.06b          |
| 20:1n-9          | 1.07±0.56a              | 1.34±0.88a           | 0.15±0.03a         | 3.27±0.45b           | 1.07±0.46a         | 6.82±0.88b           |
| <b>ΣT.D.Y.A.</b> | <b>34.63±2.00a</b>      | <b>37.13±2.45a</b>   | <b>32.8±2.89a</b>  | <b>42.51±2.56b</b>   | <b>21.64±1.16a</b> | <b>29.85±1.56b</b>   |
| 18:2 n-6         | 1.89±0.54a              | 1.27±0.67a           | 1.44±0.78a         | 12.57±0.39b          | 1.90±0.55a         | 5.08±0.90b           |
| 18:3 n-3         | 1.78±0.90a              | 1.31±0.49a           | 2.24±0.29a         | 1.46±0.30b           | 0.42±0.02a         | 1.26±0.44b           |
| 20:2 n-6         | -                       | -                    | -                  | 0.37±0.03a           | 0.29±0.07a         | 0.72±0.02b           |
| 20:3 n-6         | 0.69±0.04a              | -                    | 0.15±0.02a         | 1.07±0.02b           | 0.70±0.01a         | 6.28±0.38b           |
| 20:4 n-6         | 1.84±0.40a              | 1.31±0.44a           | 1.03±0.69a         | 0.97±0.04a           | 5.42±0.98a         | 1.20±0.08b           |
| 20:5 n-3         | 13.68±1.20a             | 11.68±1.47a          | 14.44±1.40a        | 1.07±0.48b           | 12.17±1.00a        | 4.86±0.48b           |
| 22:5 n-3         | 3.55±0.49a              | 3.43±0.22a           | 3.60±0.13a         | 0.99±0.04b           | 3.56±0.89a         | 0.88±0.08b           |
| 22:6 n-3         | 7.32±1.67a              | 5.33±0.67b           | 5.11±0.49a         | 0.44±0.04b           | 15.83±1.56a        | 2.74±0.39b           |
| <b>ΣÇ.D.Y.A.</b> | <b>30.75±2.09a</b>      | <b>24.33±2.00b</b>   | <b>28.01±2.39a</b> | <b>18.94±1.58b</b>   | <b>40.29±2.58a</b> | <b>23.02±2.87b</b>   |
| ω3               | 26.33                   | 21.75                | 25.39              | 3.96                 | 31.98              | 9.74                 |
| ω6               | 4.42                    | 2.58                 | 2.62               | 14.98                | 8.31               | 13.28                |
| ω3 / ω6          | 5.95                    | 8.43                 | 9.69               | 0.26                 | 3.84               | 0.73                 |

\*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

<sup>§</sup> her satırda aynı harflerle belirlenen veriler p<0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklıdır.

S.H.: Standart hata, D.Y.A.: Doymuş Yağ Asitleri, T.D.Y.A.: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

Ç.D.Y.A.: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri.

Total, Triasilgliserol ve Fosfolipit fraksiyonundaki yağ asidi yüzdeleri kendi içinde değerlendirilmiştir.

Fosfolipit analizinde ise karaciğerde 18:0'dan dolayı total doymuş yağ asitleri; kasta ise 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 ve total doymamış yağ asitleri miktarı daha fazladır (Çizelge 2).

Çalıştığımız balığın kas PL fraksiyonunda, en fazla bulunan ÇDYA, diğer çalışmalarda saptandığı gibi (Henderson and Tocher, 1987) 22:6n-3'tir.

Dicle Nehri'nden yakalana *C. trutta*'nın kas dokusu PL fraksiyonunda sırasıyla ÇDYA, DYA ve TDYA'ları tespit etmişlerdir (Satar et al., 2012). Bu da bizim çalışma bulgularımıza benzerdir. Karaciğer dokusunda ise en fazla DYA olduğu saptanmıştır. Balık yağlarında bulunan 20:5n-3 ve 22:6n-3 öğrenme yeteneğini arttıran, görmede fonksiyonu olan bileşenlerdir. Eikosapentaenoik asit ve 22:6n-3'ün kalp-damar hastalıkları, artrit, nefrit, deri hastalıkları ve kanser gibi hastalıklar üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Steffens and Wirth, 2005). Çalışmamızda 20:5n-3 ve 22:6n-3 oranı yüksek bulunmuştur. Arakidonik asit ve EPA, balık hücrelerinde, birçok fizyolojik işlevin düzenlenmesini sağlayan eikosanoidlerin öncül maddesidir (Bell et al., 1994).

Tekli doymamış yağ asitlerinin; TAG'de daha fazla bulunmasının nedeni, bu bileşenlerin katabolizma olayları için tercihli substrat olarak kullanılmasından kaynaklanabilir (Henderson and Tocher, 1987). Fosfolipit fraksiyonunda; PUFA ve DHA, EPA ve AA gibi yirmi karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinin, TAG'e oranla yüksek miktarda olması, bu yağ asitlerinin membran fosfolipitlerinin bileşenleri olarak önemli olduklarını göstermektedir. Balık lipitlerinin

besleyici değerini belirleyen en önemli parametrelerden biri de n-3/n-6 oranıdır (Piggott and Tucker, 1990). Analizlerimizde kasın total lipitlerinde bu oran 5.95, karaciğerde ise 8.43 olarak bulunmuştur. Tatlısu balıklarında n-3/n-6 oranı genellikle 0.5-3.8 arasındadır (Henderson and Tocher, 1987).

Keban Baraj Gölü'nden toplanan *C. trutta*'da kas total lipidinde n-3/n-6 oranı 2.0-2.56 (Konar ve ark., 1999), Tuzla Çayı ve Tercan Baraj Gölü'nden toplanan *C. c. umbla*'da 0.48-1.14 aralığında (Aras ve ark., 2009), Hazar Gölü'nden toplanan *C. c. umbla* kasında 3.59, karaciğerinde ise 2.07 olarak bulunmuştur. Dicle Nehri'nden toplanan *C. trutta*'da 3.20 (Satar et al., 2012); kasım ayında Atatürk Baraj Gölü'nden yakalanan *C. trutta*'da ise bu oran 4.71 (Kaçar and Başhan, 2016) olarak tespit edilmiştir. Deniz balıklarında total n-3 PUFA tatlı su balıklarında ise total n-6 PUFA daha yüksek çıkmaktadır (Tocher, 2003). *Capoeta* kas total lipitlerinden elde ettiğimiz n-3-/n-6 oranı, n-6 PUFA miktarı düşük bulunduğu için diğer *Capoeta* (Konar ve ark., 1999; Aras ve ark., 2009) ve çoğu tatlı su balıklarından elde edilenlerden daha yüksektir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, Atatürk Baraj Gölü'nden topladığımız *C. trutta*'nın kas ve karaciğer lipitlerinde bulunan yağ asitlerinin kalitatif olarak benzer, kantitatif olarak farklı olduğu, balığın kas dokusunda yüksek düzeyde n-3 yağ asitleri içermesi bu balığın besinsel değerini arttırmaktadır.

**TEŞEKKÜR:** Bu çalışma DÜBAP tarafından desteklenmiştir (Proje No: 08-FF07).

## KAYNAKLAR

- Al-Sabti K, Metcalfe CD, 1995. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. *Mutation Research*, 343: 121-135.
- Ackman RG, 1967. Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with the marine oils and lipids. *Comparative Biochemistry Physiology*. 22: 907-922.
- Ackman RG, Eaton CA, Linne BA, 1975. Differentiation of freshwater characteristics of fatty acids in marine specimens of the Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*). *Fishery Bulletin*, 73: 838-845.
- Ackman RG, 1990. Seafood lipids and fatty acids. *Food Reviews International*. 6: 617-646.
- Ackman RG, Mcleod C, Rakshit, S, Misra K.K., 2002. Lipids and fatty acids of five freshwater food fishes of India. *Journal of Food Lipids*, 9 (2): 127-145.
- Ahlgren G, Gustafsson IB, Boberg M, 1992. Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalge. *The Journal of Physiology*. 28: 37-50.
- Akpınar MA 1987. Ergin olmayan ve ergin sazanların (*Cyprinus carpio* L.) gonatlarında total lipid değişimi. *C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5: 173-190.
- Andrade AD, Rubira AF, Matsushita M, Souza NE, 1995. Omega-3 fatty acids in freshwater fish from South of Brazil. *Journal of American Oil Chemists Society*, 72 (10): 1207-1210.
- Aras NM, Güneş M, Bayır A, Sirkecioğlu AN, Haliloğlu HI, 2009. Tuzla Çayı ve Tercan Baraj Gölü'ndeki *Capoeta capoeta umbla* HECKEL, 1843'nın bazı biyo-ekolojik özellikleri ile total yağ ve yağ asitleri kompozisyonlarının karşılaştırılması. *Ekoloji*, 73: 55-64.
- Atchison GJ, 1975. Fatty acid levels in developing brook trout (*Salvenus fontinalis*) eggs and fry. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32: 2513-2515.

- Bandarra NM, Batista I, Nunes ML, Empis JM, Christie WW, 1997. Seasonal changes in lipid composition of Sardine (*Sardina pilchardus*). Journal of Food Science. 62: 40–42.
- Beckman WC, 1962. The freshwater fishes of Syria, FAO Fish Biol Tech Pap, 8: 1-279.
- Bell JG, Tocher DR, McDonald FM, Sargent JR, 1994. Effect of supplementation with (20:3n-6), (20:4n 6) and (20:5n-3) on the production of prostaglandin-e and prostaglandin-f on the 1-series, 2-series and 3-series in turbot (*Scophthalmus maximus*) brain astroglial cells in primary culture. Biochimica et Biophysica Acta, 1211: 335-342.
- Birch EE, Garfield S, Hoffman DR, Uauy R, Birch DG, 2000. A randomized controlled trial of early dietary supply of long-chain polyunsaturated fatty acids and mental development in term infants. Development Medicine Child Neurology. 42: 174–181.
- Blanc M, Banarescu P, Gaudet JL, Hureau JC, 1971. European inland water fish. A Multilingual Catalogue, FAO Fish. News Ltd. London.
- Castell JD, Sinnhuber RO, Wales JH, Lee DJ, 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*): Growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. Journal of Nutrition. 102: 77-86.
- Cejas JR, Almansa E, Jerez S, Bolanos A, Samper M, Lorenzo A, 2004. Lipid and fatty acid composition of muscle and liver from wild and captive mature female broodstocks of white seabream, *Diplodus sargus*. Comparative Biochemistry and Physiology, 138 B: 91-102.
- Dey I, Buda C, Wiik H, Halver JE, Farkas T, 1993. Molecular and structural composition of phospholipid membranes in livers of marine and freshwater fish in relation to temperate. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 90: 7498-7502.
- Duncan DB, 1955. Multiple range and multiple F Test, Biometrics, 11: 1-14.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. The Journal of Biological Chemistry. 226: 497–509.
- Geldiay R, Balık S, 1988. Türkiye Tatlısu Balıkları. E. Ü. Fen Fak. Kit. Ser. 519 sayfa.
- Henderson RJ, Tocher DR, 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. Progress Lipid Research. 26: 281–347.
- Iso H, Rexrode KM, Stampfer MJ, Manson JE, Colditz GA, Speizer FE, Hennekens CH, Willett WC, 2001. Intake of fish and omega-3 fatty acids and risk of stroke in women. The journal of the American Medical Association. 285: 304–312.
- Kaçar S, Başhan M, 2016. Comparison of lipid contents and fatty acid profiles of freshwater fish from the Atatürk Dam Lake. Turkish Journal of Biochemistry. 41(3): 150–156.
- Konar V, Canpolat A, Yılmaz Ö, 1999. *Capoeta trutta* ve *Barbus rajanorum mystaceus*'un kas dokularındaki total lipit ve yağ asidi miktar ve bileşimlerinin üreme periyodu süresince değişimi. Turkish Journal of Biology. 23: 319-330.
- Kozlova TA, Khotimchenko SV, 2000. Lipids and fatty acids of two pelagic cottoid fishes (*Comephorus spp.*) endemic to Lake Baikal. Comparative Biochemistry and Physiology, 126 B: 477-485.
- Leger C, Bergot P, Lukuet P, Flanzky J, Meurot J, 1977. Specific distribution of fatty acids in the triglycerides of rainbow trout adipose tissue. Influence of temperature. Lipids. 12: 538–543.
- Luzia LA, Sampaio GR, Castellucci CMN, Torres EAFS, 2003. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian Fish. Food Chemistry. 83: 93–97.
- Özdemir N, Kabukçu MA, 1982. Keban Baraj Gölü'nde bulunan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın boy-ağırlık ilişkisi, kondüsyon faktörü ve üreme periyodu üzerine araştırmalar, Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 7: 139-150.
- Özyılmaz A, Palalı B, 2014. Atatürk Baraj Gölü'nde Avlanan Bazı Balıkların Et Verimleri, Yağ Seviyeleri ve Yağ Asitleri Bileşenleri. Yunus Araştırma Bülteni. 3: 29-36.
- Piggott GM, Tucker BW, 1990. Effects of technology on nutrition. New York: Marcel Dekker.
- Rahman SA, Huah TS, Hassan O, Daud NM, 1995. Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish. Food Chemistry. 54: 45-49.
- Rincon-Sanchez AR, Hernandez A, Lopez ML, Mendoza-Figueroa T, 1992. Synthesis and secretion of lipids by long-term cultures of female rat hepatocytes. Biology of the Cell. 76: 131-138.
- Rodriguez C, Acosta C, Badia P, Cejas JR, Santamaria FJ, Lorenzo A, 2004. Assessment of lipid and essential fatty acids requirements of black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) by comparison of lipid composition in muscle and liver of wild and captive adult fish. Comparative Biochemistry and Physiology. 139 B: 619-629.
- Satar EI, Uysal E, Ünlü E, Başhan M, Satar A, 2012. The effects of seasonal variation on the fatty acid composition of total lipid, phospholipid, and triacylglycerol in the dorsol muscle of *Capoeta trutta* found in the Tigris River (Turkey). Turkish Journal of Biology. 36: 113-123.
- Shirai N, Suzuki H, Tokairin S, Wada S, 2001. Spawning and season affect lipid content and fatty acid composition of ovary and liver in Japanese catfish (*Silurus asotus*). Comparative Biochemistry Physiology Part B, 129:185–195.
- Smith MW, Miller NGA, 1980. In animals and environmental Fitness, Ed. R. Giles. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Steffens W, Wirth M, 2005. Freshwater fish-an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids. Archives of Polish Fisheries. 13 (1): 5-16.
- Suzuki H, Tamura M, Wada S, Crawford MA, 1995. Comparison of docosahexaenoic acid with eicosapentaenoic acid on the lowering effect of endogenous plasma cholesterol in adult mice. Fisheries Science. 61: 525–526.
- Suzuki H, Park SJ, Tamura M, Ando S, 1998. Effect of the long-term feeding of dietary lipids on the learning ability, fatty acid composition of brain stem phospholipids and synaptic membrane fluidity in adult mice: a comparison of sardine oil diet with palm oil diet. Mechanisms of Ageing and Development. 101: 119–128.
- Tocher DR, 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Fisheries Science. 11: 107-184.
- Ünlü E, 1991. Dicle Nehrinde yaşayan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın biyolojik özellikleri üzerinde çalışmalar. Doğa Turkish Journal of Zoology. 15: 22-38.
- Yılmaz Ö, Konar V, Çelik S, 1995. Elazığ Hazar Gölü'ndeki *Capoeta capoeta umbla*'nın dişi ve erkek bireylerinde bazı dokularının total lipit ve yağ asidi bileşimleri. Biyokimya Dergisi. 20: 31-42.
- Yılmaz F, Solak K, 1999. Dicle Nehrinde yaşayan *Capoeta trutta* (Heckel;1843)'nın beslenme organizmaları ve bu organizmaların aylara ve yaşlara göre değişimleri. Turkish Journal of Zoology. 23: 973-978.